สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
20915

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง และผักคะน้า

Nitrate and nitrite content in leaves and stems of water convolvulus,chinese mustard and chinese kale

T096938

โดย

นายชินวัฒก์ ชูชื่น

Mr. Chinnawat Choochuen

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ปพ.
ส568ป
2548
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96938
วันเดือนปี.....5 JUN 2009

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง และผักคะน้า

Nitrate and nitrite content in leaves and stems of water convolvulus,chinese mustard and chinese kale

โดย

นายชินวัฒก์ ชูชื่น

Mr. Chinnawat Choochuen

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(รองศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ชวาลา บูรณศิริ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง : ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง และผักคะน้า

โดย : นายชินวัฒก์ ชูชื่น

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขา : สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....ดิน ดี..... .....23...../...พ.ค...../.....2549

(รองศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น ทำการศึกษาที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าปริมาณไนเตรตในต้นผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้นเท่ากับ 5831.30,6090.16,5943.40 และ5842.70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในใบเท่ากับ 2511.23,2245.66,3723.99 และ 3558.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณไนไตรต์ในต้นผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้นเท่ากับ 0.42,0.78,0.42 และ0.18 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในใบเท่ากับ 6.15,1.09,1.40 และ0.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในส่วนของต้นและส่วนของใบพบว่าปริมาณไนเตรตในต้นผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น สูงกว่าปริมาณไนเตรตในใบอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อวิเคราะห์เปรียบปริมาณไนเตรตในต้นระหว่างผักแต่ละชนิด และในใบระหว่างผักแต่ละชนิดพบว่าปริมาณไนเตรตในต้นของผักแต่ละชนิดและในใบของผักแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ปริมาณไนไตรต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ทั้งนี้ปริมาณไนไตรต์ในใบของผักบุ้ง และผักคะน้าต้นสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ปริมาณไนไตรต์ในใบของผักกวางตุ้ง และผักคะน้าใบสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในต้นอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

Title : Nitrate and nitrite content in leaves and stems of water convolvulus,chinese mustard and chinese kale

By : Mr.Chinnawat Choochuen

Degree : Bechelor of Science (Agriculture)

Major : Plant Pest management Technology

Advisor : Luckana Amonsin 23 / May / 2006

(Assoc.Prof. Luckana Amonsin)

Abstract

The study of nitrate and nitrite in leaves and stems of water convolvulus,chinese mustard and chinese kale was conducted at Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Chaokuntaharn Ladkrabang. Spectrophotometer was used for analysing nitrate and nitrite. The results were found that nitrate in stem of water convolvulus, chinese mustard, chinese kale(leaf type) and chinese kale(stem type) were 5831.30, 6090.16, 5943.40 and 5842.70 mg/kg, respectively, in leaves were 2511.23, 2245.66, 3723.99 and 3558.13 mg/kg,respectively. Nitrite in stems of water convolvulus, chinese mustard, chinese kale (leaf type) and chinese kale(stem type) were 0.42, 0.78, 0.42 and 0.18 mg/kg, in leaves were 6.15, 1.09, 1.40 and 0.66 mg/kg,respectively. The amounts of nitrate in stem of water convolvulus, chinese mustard, chinese kale(leaf type) and chinese kale(stem type) were higher significant than that in their leaves at 99%. Nitrite in leaves of water convolvulus and chinese kale (stem type) were higher significant than that in their stems, but nitrite in leaves of chinese mustard and chinese kale(leaf type) have not significance than that in their stems at 99%

คำนิยม

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณหลายท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือ ในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ในการปฏิบัติงานเป็นอย่างดี และขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์ รวมทั้งให้คำปรึกษาและให้กำลังใจเสมอมา

ชินวัฒก์ ชูชื่น

เมษายน 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญภาพ	vii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลการทดลอง	22
วิจารณ์ผลการทดลอง	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและลำต้นของผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน คะน้าใบและคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	26

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1.ปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	30
2.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	30
3.ปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	32
4.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	32
5.ปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	34
6.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักคะน้าใบ ลำต้นและใบ ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	34
7.ปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	36
8.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักคะน้าต้น ในลำต้นและใบ ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	36
9.ปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	38
10.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักบุ้ง ในลำต้นและใบ ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	38
11.ปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	40
12.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม	40

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

13.ปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 42
14.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 42
15.ปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 44
16.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในลำต้นและใบ ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 44
17.ปริมาณไนเตรตในลำต้น ของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 46
18.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในลำต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 46
19.ปริมาณไนเตรตในใบ ของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 48
20.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในใบของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 48
21.ปริมาณไนไตรต์ในลำต้น ของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 50
22.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในลำต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 50
23.ปริมาณไนไตรต์ในใบ ของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 52
24.การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในใบของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม 52

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. ปริมาณไนเตรตในใบและลำต้นของผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน คะน้าใบและคะน้าต้น 24

2. ปริมาณไนไตรต์ในใบและลำต้นของผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน คะน้าใบและคะน้าต้น 24

คำนำ

กวางตุ้ง ผักบุ้งจีน คะน้าใบ และคะน้าต้นเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบ ก้านใบและลำต้นเป็นอาหาร ผักทั้ง 4 ชนิดนี้เป็นผักที่ปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดทั้งปี มีรสชาติอร่อย ราคาถูกและมีคุณค่าทางอาหาร ให้วิตามินเอ และ วิตามินซีสูง นอกจากนี้ยังมีสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และแร่ธาตุพวกแคลเซียม และฟอสฟอรัส ความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้น ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก นที (2539) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยในอดีตจนถึงปัจจุบันมีวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญ 2 ประการคือ เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชและเพื่อปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใช้ปุ๋ยที่เป็นธาตุอาหารหลักของพืช โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรต (nitrate) นั้น ไม่เพียงแต่มีอิทธิพลเป็นอย่างมากในการปรับปรุงผลผลิตพืชแต่ยังมีความสัมพันธ์กับปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย เพราะว่าไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับพืชที่ปลูกในดินไร่ (uplandsoil) ในเขตร้อน ดังเช่นประเทศไทย ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกต้องจึงมีความสำคัญต่อการผลิตพืชเป็นอย่างมาก พืชส่วนใหญ่ใช้ไนโตรเจนในรูปของสารละลายไนเตรตและแอมโมเนีย เพื่อสร้างองค์ประกอบสารอินทรีย์ ส่วนที่เหลือจากการนำไปใช้สร้างองค์ประกอบดังกล่าวจะยังคงอยู่ในรูปไนเตรตไอออนและสะสมอยู่ในเซลล์พืช โดยปริมาณการสะสมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช วิธีการเพาะปลูก สภาพภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่ปลูก นอกจากนี้การให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีไนเตรตและไนไตรต์ในพืชในปริมาณที่สูง เมื่อมนุษย์หรือสัตว์บริโภคเข้าไปทำให้ได้รับไนเตรตและไนไตรต์ที่ตกค้างในพืชนั้น ทำให้ไม่ปลอดภัยกับผู้บริโภคได้

ไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงและโดยอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ผลโดยตรงคือ ไนไตรต์ก่อให้เกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งจะมีอาการพิษตั้งแต่เพียงเล็กน้อย คือ ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน จนถึงระดับรุนแรงคือ ตัวเขียวเนื่องจากขาดออกซิเจน (cyanosis) และทำให้ถึงตายได้ เด็กทารกอายุต่ำกว่า 6 เดือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่ำกว่า 3 เดือน จะแสดงอาการพิษจากเมทฮีโมโกลบินีเมียรุนแรงกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่ ซึ่งไม่ค่อยมีปัญหาจากอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย เคยมีรายงานจากต่างประเทศหลายรายงานที่พบว่า เด็กเจ็บป่วยและตาย เนื่องจากการได้รับไนเตรตและไนไตรต์ในนมชงที่มีสารดังกล่าวปนเปื้อน รวมทั้งจากอาหารสำหรับเด็กซึ่งปรุงจากผักที่มีไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณสูง (ลักขณา, 2539) จากอันตรายดังกล่าวจึงได้มีข้อกำหนดให้ใช้น้ำที่มีไนเตรต(NO^-_3) ร่วมกับไนไตรต์ (NO^-_2) ไม่เกิน 45มิลลิกรัม/ลิตร หรือไนเตรต (NO^-_3-N) ร่วมกับไนไตรต์ (NO^-_2-N)ไม่เกิน

10 มิลลิกรัม/ลิตรหรือไนไตรต์(NO^{-}_{2}-N)ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม./ลิตร และไนเตรต (NO^{-}_{3}-N)ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร (Internation Standard for Drinking Water, 1971)และมีการกำหนดให้ใช้ผักที่มีไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณต่ำ ชงนมและปรุงอาหารสำหรับทารก

เนื่องจาก ผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น มีการปลูกและบริโภคกันมากในประเทศไทย ซึ่งหากผักดังกล่าวมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงเกินไป อาจจะทำให้เกิดปัญหาพิษเฉียบพลันหรืออาการเมทฮีโมโกลบินีเมียต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะเด็ก จึงควรมีการศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ในผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานว่าผักแต่ละชนิดที่ปลูกวิธีการเดียวกันและอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันจะมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์แตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากไนเตรตและไนไตรต์จากการบริโภคผักดังกล่าว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้นที่ปลูกตามวิธีการและสิ่งแวดล้อมเดียวกัน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและลำต้นของผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีนคะน้าใบและคะน้าต้น
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน คะน้าใบและคะน้าต้นในแต่ละเดือนของการปลูก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การตรวจเอกสาร

ผักกวางตุ้ง (Chinese mustard)

ผักกวางตุ้งเป็นพืชจำพวกผักกาดและกะหล่ำ (Brassicacea เดิมเรียกว่า Cruciferae) อยู่ในอันดับ Cruciales(ณพพร, 2530) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Brasscica chinensis* Jusl. ผักกวางตุ้งมีชื่ออื่นได้แก่ภาคเหนือเรียก ผักกาดจอ (กัญจนา, 2542) ภาคกลางเรียก ผักกาดใบ (เมืองทอง, 2532)

ผักกวางตุ้งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบ ก้านและช่อดอก ใช้ปรุงอาหารได้หลายชนิด เช่น ใช้แกง ต้ม ผัด หรือ ลวกจิ้ม มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปลูกกันมากในประเทศจีน(มณฑลกวางตุ้ง) ฮ่องกง ไต้หวัน และประเทศไทย กวางตุ้งเป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ออกดอก-ผล ตลอดทั้งปี มีอายุสั้น อายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้งค่อนข้างเร็วประมาณ 30-45 วัน ปลูกได้ทั้งปีและทุกภาคของประเทศไทย ผักกวางตุ้งชอบดินที่มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงปานกลาง pHประมาณ 6-6.5 ความชื้นในดินสูงเพียงพอและสม่ำเสมอ ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง20-25 องศาเซลเซียส

กวางตุ้งเป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก เป็นผักฤดูเดียว (annual) ใช้เป็นพืชอาหาร ภายในต้นมีสารเหลวลักษณะคล้ายน้ำใสๆ มีรสขื่นหรือกลิ่นฉุนแทรกอยู่ทั่วไป (ณพพร,2530: อุดม,2529) ลำต้นมีลักษณะอวบน้ำ สีเขียวอ่อน แตกแขนงบ้างเล็กน้อย ความสูง 25-30 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับกัน ลักษณะใบกลมรี ปลายใบป้าน โดยสอบเข้าหาโคนก้านความกว้าง5-15 เซนติเมตร ยาว 15-30 เซนติเมตร เส้นกลางใบเขียวออกขาว ออกดอกเป็นช่อ ดอกเดี่ยวแต่ละดอกมีกลีบดอก 4-5 กลีบ อยู่ทแยงตรงข้ามกัน มีสีเหลือง แต่ละกลีบอยู่แยกกัน โคนกลีบดอกโค้งและมักบิด ขนาดดอก 0.5.-1.0 เซนติเมตร กลีบรอง มี 4 กลีบแยกเป็น 2 ชั้นๆ ละ 2 กลีบ กลีบอยู่แยกกัน กลีบชั้นนอกมักมีขนาดใหญ่และโค้งมากกว่ากลีบชั้นใน ลักษณะเกสรตัวผู้ มี 6 อันเป็นแบบ tetradynamous ก้านเกสรแยกกัน ที่โคนก้านเกสรอันที่ยาวมักมีต่อมน้ำหวานปรากฏอยู่ เกสรตัวเมียมีรังไข่เป็นแบบ superior มี 2 ห้องเชื่อมรวมกัน มีไข่มาก การติดของไข่ เป็นแบบ 2-pariental placentation ซึ่งเยื่อ placenta จะเจริญมาพบกันกลายเป็นเนื้อเยื่อ replum กั้นห้องรังไข่ออกเป็น 2 ห้อง ลักษณะผล เป็นฝักกลมยาว ปลายฝักแหลม มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม ความยาว 3-5 เซนติเมตร ภายในมีเมล็ดเรียงกัน 2 เมล็ดเป็นแถวตลอดฝัก แต่ละฝักมีจำนวน 20-40 เมล็ด เมล็ดมีขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม มีทั้งสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผิวเมล็ดมีลายแบบร่างแหเห็นไม่ค่อยชัด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 2.5 กรัม

ผักกวางตุ้งแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. พวกออกดอกยาก *B. chinensis* var. *chinensis* ได้แก่ ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักกาดกวางตุ้ง ผักฮ่องเต้ เป็นต้น

2. พวกออกดอกง่ายและเร็ว *B. chinensis* var. *parachinensis* ได้แก่ผักกาดจอ ผักกาดขาวเมือง เป็นต้น

อ้างอิงตาม สมภพ (2530)ผักกวางตุ้งที่ใช้ปลูกเป็นการค้ามี 4 ชนิดคือ

1. *B. chinensis* var. *parachinensis* (Green kuang Futsoi) เป็นผักกาดเขียวกวางตุ้ง มีสีเขียวที่ก้านใบ ก้านใบกลมหนา มน ปลายใบไม่มีการห่อตัว
2. *B. chinensis* var. *chinensis* (White kuang Futsoi) เป็นผักกาดขาวกวางตุ้งที่มีก้านใบเป็นสีขาวแผ่นใบเขียวเข้ม ปลายใบไม่มีการห่อตัว มีบางชนิดก้านสั้น ซึ่งเราเรียกว่า ผักกาดฮ่องเต้
3. *B. chinensis* var. *resulris* เป็นผักกาดดอก มีลักษณะคล้ายกับผักกาดเขียวกวางตุ้ง แต่ต้นเล็กกว่า ออกดอกเร็ว ดอกมีสีเหลืองนิยมรับประทานทั้งต้นและดอก
4. *B. chinensis* var. *utilis* เป็นผักกาดพื้นเมืองของจีน ผักกาดพวกนี้สามารถนำเมล็ดไปสกัดน้ำมันเพื่อใช้ในการประกอบอาหารและใช้เป็นน้ำมันจุดตะเกียง ผักกาดพวกนี้ดอกสีเหลือง พันธุ์นี้ไม่นิยมปลูกรับเพื่อรับประทาน

ผักบุ้งจีน (Water convolvulus)

ผักบุ้งจีนเป็นผักที่มีความนิยมบริโภคกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารที่สูงมากซึ่งประกอบไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามินเอซึ่งช่วยบำรุงสายตาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ผักบุ้งจีนที่เรานิยมบริโภคเป็นผักที่ปลูกง่าย โตเร็ว สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทยและทุกฤดูกาล อายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 25 – 30 วัน จึงมีความนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย

อ้างอิงตาม สุทธิชัย (2543) ผักบุ้งจีนเป็นผักที่อยู่ในตระกูล Convolvulaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea aguatica* Forsk เป็นผักพื้นเมืองของคนเอเชียเขตร้อน และมีการแพร่กระจายไปทั่วโลก ผักบุ้งจีนเป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น โดยนำเอามาประกอบอาหารได้หลายแบบ ทั้งผัด แกง หรือเป็นผักจิ้ม เกษตรกรไทยนิยมปลูกผักบุ้งจีนเพื่อการค้ากันอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคและการผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งปัจจุบันผักบุ้งจีนได้มีการพัฒนาเป็นพืชส่งออกอย่างกว้างขวาง โดยส่งออกทั้งในรูปผักสดและเมล็ดพันธุ์

แหล่งปลูกผักบุ้งจีนอย่างแพร่หลายในประเทศไทยคือ นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี นครนายก พิษณุโลก นครสวรรค์ นครราชสีมา อุบลราชธานี ขอนแก่นและสงขลา ซึ่งปลูกเพื่อบริโภคและเพื่อการค้า พื้นที่ที่ปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์เป็นการค้าก็คือกาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ลพบุรี สิงห์บุรีและเชียงใหม่

ผักบุ้งจีนเป็นไม้ล้มลุก ลำต้นมีสีเขียวและมีปล้อง ข้างในกลวง ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ในระยะต่อไปลำต้นจะเลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ มีรากเป็นระบบรากแก้ว มีรากแขนงแตกออกมาทางด้านข้างของรากแก้ว และยังสามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้นได้โดยรากจะเกิดที่ข้อทุกข้อที่สัมผัสกับดินหรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตกออกมาทั้งตาใบและตาดอก โดยตาใบจะอยู่บริเวณด้านนอก ส่วนตาดอกจะอยู่ด้านใน ใบผักบุ้งจีนจะเป็นใบเดี่ยว มีรูปร่างคล้ายหอก โคนใบกว้างแล้วค่อย ๆ เรียวไปทางตอนปลาย ปลายใบแหลม โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบผักบุ้งจีนจะมีความยาวประมาณ 7 – 15 เซนติเมตร ก้านใบยาว 3 – 8 เซนติเมตร การจัดเรียงของใบผักบุ้งจีนจะเป็นแบบเรียงสลับ ข้อหนึ่งจะมีเพียงใบเดียว ดอกผักบุ้งจีนเป็นดอกที่สมบูรณ์ คือมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกเดียวกัน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย ด้านนอกมีสีขาวด้านในจะมีสีม่วง การจัดเรียงของกลีบดอกขณะที่ดอกกำลังตูมจะซ้อนกันเป็นใบจักร เมื่อบานจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้ 5 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน รังไข่ของผักบุ้งจีนจะตั้งอยู่เหนือบริเวณที่เกิดของกลีบดอกและเกสรตัวผู้ รังไข่มี 4 ห้อง ไข่ติดอยู่กับแกนกลางของรังไข่ ใน 1 ห้องของไข่อาจจะมี 1 เมล็ดหรือมากกว่า ในฤดูหนาวจะออกดอก มีฝักและเมล็ด ในฤดูร้อนจะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ดอกผักบุ้งจีนจะเริ่มบานในเวลาช้า ละอองเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมในช่วงสาย ๆ จนถึงเวลาบ่าย ๆ ระยะในการผสมติดประมาณ 3 – 4 วัน และจากวันที่เริ่มผสมติดจนเมล็ดแก่ประมาณ 40 – 50 วัน ผักบุ้งจีนมีผลเพียงผลเดียว รูปร่างค่อนข้างกลม มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่ออายุประมาณ 30 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวนอกจะเหี่ยวย่น ขรุขระ ไม่แตกเมื่อผลแห้ง เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ใน 1 ผลของผักบุ้งจีนจะมีเมล็ดประมาณ 3 – 5 เมล็ด เมล็ดผักบุ้งจีนจะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม ฐานบนมีสีน้ำตาลเปลือกหุ้มเมล็ดมี 3 ระดับสีคือ สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลแก่ และสีน้ำตาลดำ เมล็ดจะมีขนาดเล็ก ไม่มีอาหารสะสมในเอนโดสเปิร์ม(endosperm)แต่จะมีอาหารสะสมในใบเลี้ยงซึ่งติดอยู่กับเอมบริโอ(embrio)เพื่อทำหน้าที่ให้อาหาร ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่มีอัตราการพักตัวสูง โดยจะพักตัวในลักษณะของเมล็ดแข็งหรือที่เราเรียกกันว่าเมล็ดหิน เมล็ดที่มีสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งที่สูงกว่า

พันธุ์ของผักบุ้งจีนที่ปลูกในประเทศไทยในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์การค้าที่ผลิตออกมาจำหน่ายโดยบริษัทเอกชน ส่วนราชการมีการพัฒนาพันธุ์ผักบุ้งจีน และค้นพบหนึ่งพันธุ์คือ พันธุ์

พิจิตร 1ที่เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นแล้ว พบว่าพันธุ์พิจิตร 1 มีคุณภาพดีกว่าพันธุ์อื่นๆ ลักษณะเด่นของพันธุ์พิจิตรคือ ลำต้นจะมีสีเขียวอ่อน ต้นจะไม่ทอดยอดก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่มีการแตกแขนงและไม่มีตุ่มเล็กๆ เกิดที่โคนต้น มีความสะดวกและประหยัดแรงงานในการตัดแต่งใบก่อนที่จะนำส่งตลาด

ผักคะน้า(Chinese kale)

อ้างอิงตาม วสันต์ (2544) ผักคะน้าเป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนของใบและลำต้น นิยมบริโภคกันมาก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และมีปลูกกันมากในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย เป็นต้นผักคะน้าอยู่ในตระกูลกะหล่ำ(Brassicacae เดิมเรียกว่า Cruciferae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *albograba*อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ช่วงที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนเมษายน สำหรับคะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทย มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1.คะน้าใบ มีลักษณะต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนา กรอบ ทนต่อดินฟ้าอากาศได้ดี เมล็ดพันธุ์ของผักคะน้าใบที่ทางราชการผลิตได้ ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 และพันธุ์ฝางเบอร์ 2

2.คะน้ายอดหรือคะน้าก้าน มีลักษณะลำต้นอวบใหญ่ ดอกขาว ใบแหลม ก้านใหญ่ ต้านทานต่อโรคและทนต่ออากาศร้อนได้ดี สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ทางราชการผลิตคือ PL-20 เป็นพันธุ์ดี ออกดอกช้า ให้น้ำหนักดี ผลผลิตสูง แนะนำให้เกษตรกรใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516

ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารจำเป็นที่พืชต้องการและมักขาดแคลนในดิน ปุ๋ยเคมีสามารถให้ธาตุอาหารสูงและพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที(สมภพ, 2526) นอกจากนี้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีจะเข้าไปเสริมการเน่าเปื่อยและการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน (อรุณี, 2527)

สมบัติที่สำคัญของปุ๋ยเคมี

อ้างอิงตามมุกดา (2543)ปุ๋ยเคมีมีสมบัติดังนี้

1. การเปียกชื้นของปุ๋ยเคมี (hygroscopicity)ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งแต่ละชนิดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 1-3 ไม่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งในขณะเก็บรักษาและนำไปใช้ประโยชน์ แต่ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติเฉพาะ(critical relative humidity) ซึ่งค่านี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าวิกฤตินี้ที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของอากาศ

สูงขึ้น ค่าวิกฤตินี้จะลดลง ซึ่งหมายความว่าปุ๋ยนี้จะชื้นง่ายขึ้นในทางกันข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำลง ค่าวิกฤติจะสูงขึ้น ปุ๋ยก็จะไม่ดูดความชื้นจากอากาศและมีสภาพแห้งเป็นปกติ

2. การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี (caking) เกิดจากการที่ปุ๋ยแต่ละเม็ดหรือแต่ละอนุภาคเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนที่มีขนาดต่าง ๆ หรือมีขนาดใหญ่ขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยทั่วไปปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี คือ

(1) การเกิดการตกผลึกแข็งตัวขึ้นใหม่ของสารระเหยเข้มข้นตรงจุดสัมผัสระหว่างเม็ดปุ๋ยแต่ละเม็ด

(2) ความดันหรือน้ำหนักการกดทับของปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาในกระสอบ

(3) ระยะเวลาการเก็บรักษา

(4) ปัจจัยอื่น ๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย อนุภาคปุ๋ย องค์ประกอบของตัวปุ๋ย เป็นต้น

3. ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี (salt index) คือ สมบัติเฉพาะตัวของปุ๋ยเคมีเมื่อใส่ลงไปในดินแล้วทำให้สารละลายในดินมีความเข้มข้นที่จะทำให้เกิดความดันแบบออสโมซีส (osmotic pressure) สูงและจะดึงดูดความชื้นไปจากดินและพืช ซึ่งจะทำให้พืชแห้งและเหี่ยวได้

4. ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมี (specific gravity) ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมีชนิดของแข็ง คือ ค่าที่ได้จากน้ำหนักปุ๋ยหารด้วยน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ มีค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย

5.ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยเคมี (acidity and basicity of fertilizers) ปุ๋ยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันเมื่อนำไปใส่ในดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาในดิน หรือความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงไป ปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดมาก ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม ส่วนปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างเป็นด่าง ได้แก่ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก และปุ๋ยที่ไม่มีผลตกค้างเป็นกรดหรือด่างในดิน ได้แก่ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซัลเฟต ซุปเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น

ประเภทของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีที่มีการผลิตออกมาใช้ในทางการเกษตรมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางลักษณะกายภาพและสมบัติทางเคมี ลักษณะหรือสมบัติเฉพาะตัวอื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต กรรมวิธีการผลิต และวัตถุประสงค์ในการผลิต ดังนั้นในการจำแนกปุ๋ยเคมีนั้นเราอาจจำแนกออกได้หลายลักษณะขึ้นกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา ทั้งนี้

การจำแนก โดยใช้หลักเกณฑ์ตามความต้องการธาตุอาหารของพืชสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลัก(primary-element fertilizer) ได้แก่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีธาตุทั้ง 3 เป็นองค์ประกอบในรูปของปุ๋ยเดี่ยวที่มีธาตุเดียว หรือปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุปุ๋ยนี้ตั้งแต่ 2 ธาตุ หรือเป็นปุ๋ยผสมที่มีธาตุปุ๋ย ครบ 3ธาตุซึ่งปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลักเหล่านี้จะเป็นแม่ปุ๋ยที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยผสม

2. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง(secondary-element fertilizer) ได้แก่ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง ซึ่งเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก แต่มีความจำเป็นเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก เช่น ปุ๋ยให้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นต้น

3. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริม(miner-element fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช ซึ่งตามปกติพืชมีความต้องการธาตุอาหารเสริมในปริมาณน้อยมาก แต่ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับธาตุอาหารอื่นๆ การใช้ปุ๋ยชนิดนี้จะใช้เมื่อพืชแสดงอาการขาด ธาตุปุ๋ยชนิดนี้อาจจะเป็นปุ๋ยในรูปปุ๋ยผสมกับธาตุอาหารหลัก เป็นปุ๋ยทางดิน หรือปุ๋ยทางใบ ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นในรูปของปุ๋ยคีเลต(chelate) ซึ่งได้จากการนำธาตุอาหารพืชเหล่านี้มาทำปฏิกิริยารวมตัวกับสารคีเลต ให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องมีการแตกตัวของสารประกอบ แต่ควรจะใช้ในปริมาณน้อยมาก เพื่อมิให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบ และเพื่อมิให้เกิดการตกค้างรวมตัวเป็นธาตุอื่น เช่น ปุ๋ย Fe-EDTAเป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุเหล็ก

หลักการใช้ปุ๋ยเคมี

อ้างอิงตามยงยุทธ (2541) การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ถ้าพิจารณาเกี่ยวกับการใช้กับพืช ผู้ใช้จะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ 5 ประการ ดังนี้

1. การใช้ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้อง หมายถึง การใช้โดยพิจารณาจากสูตร อัตราส่วน (ratio) และรูปของธาตุอาหารในปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยเคมีจะมีลักษณะและสมบัติทั้งสามประการนี้แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดของปุ๋ยเคมีให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช

2. การใช้ในปริมาณที่เหมาะสม การใช้ปุ๋ยจะต้องพิจารณาปริมาณการใช้ต่อพื้นที่อย่างเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดด้วยโดยคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณที่พืชควรจะได้รับเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดและเหมาะสมในแง่ของหลักเศรษฐกิจ

3. การใส่ให้กับพืชในระยะที่เหมาะสม พืชแต่ละชนิดจะมีช่วงระยะเวลาที่ต้องการธาตุอาหารมากที่สุดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุขัยของพืช โดยหลักการแล้วมักจะใส่ปุ๋ยเคมี 3 ระยะ คือ ระยะปลูกหรือก่อนปลูกพืชเล็กน้อย ระยะที่พืชกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และระยะที่พืชกำลังออกดอก

4. การเคลื่อนย้ายของธาตุปุ๋ยเคมีในดิน เนื่องจากธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินนั้น มีความสามารถในการละลายหรือเคลื่อนย้ายในดินแตกต่างกัน ดังนั้นควรใส่ปุ๋ยเคมี ณ ตำแหน่งที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดและรวดเร็วที่สุด

5. วิธีการใส่ปุ๋ยมีวิธีการหลัก ๆ 4 วิธี ดังนี้

5.1 การใส่แบบหว่าน (broadcasting) เป็นการหว่านปุ๋ยเคมีลงไปบนผิวดินให้ทั่วทุกจุดบนแปลงปลูกพืช

5.2 การใส่แบบเฉพาะจุดหรือเป็นแถบ (localized placement) เป็นการใส่ปุ๋ยหรือหยอดปุ๋ยเป็นจุด ๆ บริเวณใกล้ต้นพืชหรือโรยเป็นแถบหรือเป็นเส้นตามแถวของพืชโดยหยอดหรือโรยให้ห่างจากต้นพืชหรือเมล็ดที่ปลูกเพียงเล็กน้อย

5.3 การใส่แบบฉีดพ่นให้กับพืชโดยทางใบ(foliar application) การใส่ปุ๋ยแก่พืชทางใบโดยการฉีดปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายให้เป็นละอองน้ำจับที่ใบหรือส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน

5.4 การใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน (fertigation) เป็นการใส่ปุ๋ยโดยการละลายปุ๋ยในน้ำชลประทาน ที่จะให้กับพืชโดยทั้งทางผิวดินหรือเหนือผิวดิน

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี

1. ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช ในขณะที่ปุ๋ยเคมีมีราคาแพงและราคาของผลผลิตทางการเกษตรก็ไม่แน่นอน ซึ่งเป็นผลทำให้ต้นทุนการผลิตของพืชเพิ่มขึ้นโดยไม่มีความจำเป็น

2. ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเสื่อมลง สำหรับปุ๋ยเคมีบางชนิด เช่น ปุ๋ยโซเดียมไนเตรต เมื่อมีการใช้ปุ๋ยชนิดนี้ในปริมาณที่มากๆติดต่อกันเป็นเวลานาน ก็จะมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ เนื่องจากโซเดียมถูกดูดยึดไว้กับอนุภาคของดินเหนียว จึงเป็นเหตุทำให้อนุภาคของดินเกิดการฟุ้งกระจายและดินแข็งแน่นทึบ

3. ทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนไป การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตราที่สูง คือ ประมาณ 400 กิโลกรัม/ไร่ ติดต่อกันเป็นเวลา 10 ปี จะมีผลทำให้ค่าพีเฮช(pH)ของดินจาก 5.75 ลดลงเหลือ 4.80 คือมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จนทำให้เกิดดินมีปัญหา

4. ทำให้บทบาทและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินบางชนิดลดลง การใส่ปุ๋ยเคมีที่ไม่ถูกต้องนั้นอาจจะมีผลทางอ้อม ทำให้กิจกรรมบางอย่างของจุลินทรีย์ในดินชะงักลงได้ เช่น โครงสร้างของดินแน่นทึบมากเกินไป จนอาจทำให้อากาศและน้ำในดินมีปริมาณน้อยเกินไป ไม่เพียงพอต่อกระบวนการต่างๆสำหรับกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้

ธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนในดินเป็นธาตุที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุที่ช่วยให้พืชสร้างโปรตีนได้อย่างเพียงพอ ซึ่งโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโน(amino acid)เป็นจำนวนมาก และกรดอะมิโนเหล่านี้ก็มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ปัจจุบันพบว่ามีกรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิด ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในโปรตีนของพืช ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งช่วยเร่งและควบคุมปฏิกิริยาต่างๆในต้นพืชให้ดำเนินไปอย่างปกติ คลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ใบพืชมีสีเขียว และมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงก็มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังมีสารประกอบที่สำคัญๆ อีกมากมายในพืชเช่น วิตามิน(vitamin) และเอดีโนซินไทร์ฟอสเฟต(adenosintriphosphate,ATP) ต่างก็มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเช่นกัน(ยงยุทธ, 2541)

แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน

1. การตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกันกับพืชบางชนิด(symbiotic nitrogen fixation) เช่นการตรึงแก๊สไนโตรเจนของไรโซเบียม (rhizobium) ที่อาศัยอยู่ที่ปมรากพืชตระกูลถั่ว และ *Actinomycete* sp. กับพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น เมื่อพืชพวกนี้ตายไปไนโตรเจนที่ถูกตรึงมาจากอากาศและถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจน (nitrogeneous compound)อื่นๆ ในจุลินทรีย์และพืชก็จะสะสมอยู่ในดิน

2. การตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยพวกจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน (non– symbiotic nitrogen fixation) จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระนี้ได้แก่ แบคทีเรียพวก Azotobacter, Clostridium และพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้ตายทับถมลงไปในดิน ไนโตรเจนก็จะสะสมอยู่ในดินและเป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป

3. น้ำฝน (rain) การเกิดฟ้าแลบ ทำให้แก๊สไนโตรเจน(N_2) ในอากาศถูกออกซิไดส์ให้กลายเป็นไนตรัสออกไซด์(N_2O) ซึ่งจะละลายในน้ำฝนตกลงมายังผิวดิน

4. การใส่ปุ๋ยให้แก่ดินและพืช ปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุไนโตรเจน ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ ถือว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญเช่นกัน

การแปรสภาพของไนโตรเจนในดิน (nitrogen transformation in soil)

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ หรืออยู่ในรูปแก๊ส และมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างสารเหล่านี้ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปนั้นๆ แก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศจะรวมตัวกับไฮโดรเจนโดยกระบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งเกิดโดยกรรมวิธีทางเคมีในโรงงานอุตสาหกรรมหรือโดยการตรึง

ของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้ เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืช ภายหลังที่พืชและสัตว์ตายจะเกิดการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ ทำให้มีการปลดปล่อยสารประกอบไนโตรเจนออกมา ซึ่งจะถูกย่อยสลายไปเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย(NH_3) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้อาจถูกพืชนำไปใช้ หรือถูกออกซิไดส์โดยจุลินทรีย์บางชนิดในกระบวนการไนตริฟิเคชัน(nitrification)ให้เป็นสารพวกไนเตรต ซึ่งไนเตรตจะละลายน้ำได้ดี พืชสามารถดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียโดยกระบวบการรีดิวส์ไนเตรต (nirate reduction) ไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างลงสู่ดินชั้นล่าง หรือสู่ลำคลอง แม่น้ำ และทะเล ในส่วนที่ไหลลงสู่ลำน้ำนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ หรืออาจเปลี่ยนรูปไปอีกโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน(denitrifiation) เป็นแก๊สไนโตรเจนหรือไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ส่วนแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งมีประจุบวกจะถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้ถูกชะล้างไปได้ยาก ในสภาพที่มีการระบายอากาศที่ไม่ดี มีน้ำขัง อุณหภูมิสูง อาจทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สไนโตรเจน และแก๊สไนตรัสออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศได้ ซึ่งกระบวนการต่างๆดังกล่าวเหล่านี้เรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน (nitrogen cycle) (ศุภมาศ, 2529: สมบุญ, 2535)

ไนโตรเจนที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตเป็นอินทรีย์สารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรตในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชนั้นโดยที่ปริมาณที่สะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรตจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม ซึ่งต่อไปจะเป็นแอมโมเนียในพืชนั้นเกี่ยวข้องกับเอนไซม์(enzyme) หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส (nitrate reductase) และไนไตรต์รีดักเทส(nitrite reductase) (Viets and Hageman, 1971)

ในกระบวนการดังกล่าว ถ้ากระบวนการรีดักชัน(reduction)ไนเตรตเกิดขึ้นเร็วกว่ากระบวนการรีดักชันไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมในพืชซึ่งไนไตรต์เป็นพิษกับเซลล์พืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้า จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชมากขึ้น (วงจันทร์, 2535)

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอกันทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้นหรือก้านใบ รองลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผล และเมล็ด ตามลำดับ เช่น Sugar beet ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีไนเตรตในใบแก่มากกว่าใบอ่อนและก้านใบมีมากกว่าแผ่นใบหลายเท่า พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้ต่างกันด้วย คือเมื่อเป็นกล้าอ่อนจะมีไนเตรตน้อย เมื่อต้นโตขึ้นก็จะสะสมได้มากขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอกแล้วจะเริ่มลดลงเมื่อพืชเจริญเต็มวัย ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย กล่าวคือ ในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินอาจลดลงมากพืชจึงใช้ไนเตรตที่สะสมไว้เป็นการชดเชย

สำหรับแอมโมเนียนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่นๆได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านกระบวนการที่จะรีดิวส์ให้ได้แอมโมเนียเสียก่อนจึงจะใช้ได้ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยในปฏิกิริยารีดิวส์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชให้กลายเป็นไนไตรต์ อย่างไรก็ตามไนเตรตบางส่วนที่ไม่ถูกรีดิวส์ ก็จะยังคงอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้คือ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และส่วนของพืช

ความเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์

1. พิษโดยตรง คือ การก่อให้เกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดจากฮีโมโกลบิน(Hb) ถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin, MetHb) ซึ่งไม่สามารถนำออกซิเจนได้ ไนโตรเจนในรูปไนไตรต์(nitrite) เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดเมทฮีโมโกลบินทั้งนี้ฮีโมโกลบิน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน มี subunit ที่ประกอบด้วยโพลีเปปไทด์(polypeptide) และ heme group โดยมี Fe^{2+} เป็น center of heme ในรูปของออกซีฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) เหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{2+} แต่ในสภาพของ MetHb เหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{3+} ซึ่งไม่สามารถจับกับ O_2 ได้ ชนิดของ Hb ที่สามารถเปลี่ยนเป็น MetHb ได้ง่ายคือ Hb F ซึ่งเป็นชนิดของฮีโมโกลบินที่มีมากในเด็กวัยอ่อนถึง80% ของ Hb ทั้งหมด และโดยทั่วไปในร่างกายของมนุษย์จะมี MetHb อยู่ระหว่าง 1% ถึง 2% ซึ่งเป็นระดับปกติ เมื่อระดับ MetHb มีมากกว่า 3% จะแสดงอาการเมทฮีโมโกลบินีเมียขึ้น โดยที่เมื่อคนหรือสัตว์ดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารที่มีไนเตรตเข้าไป ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำลายและในกระเพาะซึ่งสามารถรีดิวส์ไนเตรตได้ แบคทีเรียที่เป็นตัวการและสามารถพบได้ทั่วไป เช่น แบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ทุกชนิดสามารถรีดิวส์ ไนเตรตได้ ตัวอย่าง เช่น *E.coli* หรือ *B.subtilis* ซึ่งอาศัย

อยู่ในกระเพาะ และลำไส้ตอนบน แบคทีเรียดังกล่าวนี้ไม่ทนกรด สามารถเจริญได้ดีในกระเพาะอาหารของเด็กอ่อนที่อายุไม่เกิน 3 เดือน และในสัตว์สี่กระเพาะ รายงานของผู้ป่วยเป็นโรคดังกล่าวจึงมักพบในกลุ่มเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 1 ขวบ ทั้งนี้เนื่องจากเด็กเหล่านี้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อโรคดังกล่าวมาก กล่าวคือกระเพาะยังมีความเป็นกรดไม่สูงมาก โดยทั่วไปจะมีค่าสูงกว่าpH 4 ทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ และการดูดซับน้ำของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก็สูงด้วย โดยเด็กที่ได้รับไนเตรตเข้าไปมากจะมีอาการท้องร่วง อาเจียน และอาจตัวเขียวเนื่องจากการขาดออกซิเจน เพราะเกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย อาการเช่นนี้จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า blue-baby syndrome ซึ่งเป็นสภาพที่ร่างกายขาดออกซิเจน (ศุภมาศ, 2540)

2. พิษโดยอ้อม คือการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดมะเร็ง โดยไนเตรตที่เปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรต์ในกระเพาะอาหารจะทำปฏิกิริยากับ secondary amine ซึ่งอาจจะได้มาจากการแตกตัวของเนื้อสัตว์ที่กินเข้าไป ทำให้ได้สารประกอบไนโตรโซ(N-nitroso compound)เช่น ไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ กล่าวคือ ไนโตรซามีนจะถูกเปลี่ยนแปลงด้วยเอนไซม์ พวกออกซิเดทีฟเอนไซม์ (oxidative enzyme) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) และทำปฏิกิริยาต่อจนเกิดสารพวกแอลคิลแคทไอออน (alkyl cation) ซึ่งจะจับกับโมเลกุลของโปรตีนในร่างกาย ที่สำคัญคือ DNA และRNA ทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนผิดปกติและเกิดเป็นเซลล์มะเร็งขึ้น(ลักขณา, 2539) นอกจากนี้ สารก่อมะเร็งบางชนิดก็ยังก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยอาจทำให้เกิดได้ตั้งแต่ทำให้โครโมโซมผิดปกติไปจนถึงการกลายพันธุ์ของยีน สารเหล่านี้ได้แก่ N-nitrosomethylguanidine และ N-nitrosomethylurea(ศุภมาศ, 2540)

ผลกระทบด้านอื่นๆของไนเตรตและไนไตรต์

อ้างอิงตามศุภมาศ (2540)ไนเตรตและไนไตรต์ก่อให้เกิดผลกระทบด้านอื่นๆดังนี้

1. เมื่อพืชได้รับไนเตรตมากเกินไป จะช่วยส่งเสริมให้พืชมีการสะสมโซเดียมในปริมาณที่สูงแต่ลดความสามารถในการดูดซึมโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ

2. การบริโภคพืชผักที่มีปริมาณไนเตรตสูง จะมีผลต่อเมแทบอลิซึมของต่อมไทรอยด์และยังมีผลต่อปริมาณวิตามินต่างๆ เช่น แคโรทีน (carotene) วิตามินเอ และวิตามินบี

3. การให้ปุ๋ยไนเตรตมากเกินไปจะส่งเสริมให้พืชดูดซึมธาตุโซเดียมในปริมาณที่สูงและมีผลในการยับยั้งการดูดซึมแมกนีเซียม และโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณธาตุทั้งสองต่ำ

4. ปริมาณไนเตรตที่มากเกินไปในพืช จะมีผลต่อกรดอะมิโนที่สำคัญบางชนิดทำให้พืชมีปริมาณกรดอะมิโนดังกล่าวลดลง และยังทำให้กรดอะมิโนบางตัวที่พืชไม่ต้องการมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตในระยะสร้างต้นสร้างใบ (vegetative) มากเกินไป ทำให้อวบน้ำ จึงอ่อนแอต่อโรคและแมลง

5. เมื่อพืชได้รับปริมาณธาตุไนเตรตมากเกินไปจะทำให้พืชมีปริมาณวิตามินซีลดลง กระทรวงสาธารณสุขได้มีประกาศกำหนดให้ปริมาณไนเตรตในอาหารไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณไนไตรต์ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค, 2535)ค่ามาตรฐานของEuropean Commission Regulation No. 194/97 ได้กำหนดให้ผักสีเขียวจำพวก lettuce มีไนเตรตได้ไม่เกิน 4,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และ spinach ได้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด

เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง(spectrophotometer)

กฤษณา(2521)ได้อธิบายเกี่ยวกับเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง หรือ spectrophotometer ดังนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่นช่วงต่างๆ เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงมีหลายชนิด ขึ้นกับความละเอียดและช่วงความยาวแสงที่ใช้ โดยเมื่อผ่านลำแสงเข้าไปในเซลล์ที่บรรจุสารละลายจะเกิดการดูดกลืนแสงเป็นบางส่วนและพลังงานของแสงก็จะสูญเสียให้แก่สารละลายไปเป็นบางส่วน ซึ่งพลังงานของแสงที่ถูกถ่ายเทให้กับสารซึ่งถูกแสงผ่านจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลของสารนั้น และขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นของลำแสงที่ผ่านด้วย

ส่วนประกอบของเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

1.แหล่งกำเนิดพลังงาน (radiation source) แบ่งเป็นหลอดไฮโดรเจน (hydrogen lamp) ซึ่งให้แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet light) และหลอดทังสะเตน (tungsten lamp) จะให้แสงวิสิเบิล (visible light)

2.หน่วยจำแนกช่วงคลื่นแสง (monochometer)ประกอบด้วยปริซึม(prism)หรือ เกรติง (grating) เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงบางชนิดอาจใช้แผ่นแก้วกรองแสง(glass filter)

3.เซลล์สำหรับใส่สารละลาย (absorption cell หรือ cuvette)

4.เครื่องตรวจวัด (detector)ใช้ photocell

ประเภทของเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

1.เครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดลำแสงเดี่ยว (single beam spectrophotometer)

เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงชนิดลำแสงเดี่ยวเป็นเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ธรรมดาที่สุด เมื่อลำแสงออกจากแหล่งกำเนิด ลำแสงจะผ่านเข้าหน่วยจำแนกช่วงคลื่นแสง ซึ่งจะควบคุมลำแสงให้พอเหมาะด้วยฝาปิด-เปิด(slit) หลังจากแยกช่วงคลื่นแสงที่ต้องการออกมาแล้ว แสงจะผ่านตรงไปที่เซลล์ใส่สารละลาย ลำแสงที่ผ่านเซลล์ใส่สารละลายจะไปกระทบกับผนังของโฟโตเซลล์ ทำให้เกิดอิเล็กตรอนหลุดออกมา สเกลที่หน่วยตรวจวัดจะบอกในหน่วยค่าการยอมให้แสงผ่าน (transmittance) และค่าการดูดกลืนแสง(absorbance)

2. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงชนิดลำแสงคู่ (double beam spectrophotometer)

เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงชนิดลำแสงคู่ถูกดัดแปลงให้มีการวัดค่าดูดกลืนแสงที่มีความแม่นยำดีขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงซึ่งมักจะเกิดขึ้นในเครื่องมือวัดค่าดูดกลืนแสงชนิดลำแสงเดี่ยวได้ถูกกำจัดโดยสิ้นเชิงในเครื่องวัดการดูดแสงชนิดลำแสงคู่ ในเครื่องมือชนิดนี้ เซลล์ที่ใส่สารละลายที่ประกอบด้วยตัวทำละลายและสารละลายรีเอเจนต์ต่างๆที่ยังไม่ใส่สารที่ต้องการวิเคราะห์(แบลงค์,blank)และเซลล์ที่ใส่สารละลายที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกวัดพร้อมกัน

ค่าดูดกลืนแสงของสารจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร ที่ทำให้เกิดสีในสารละลาย ในทางปฏิบัติค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่วัดได้จะรวมถึงปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสารรีเอเจนต์(reagent)ที่เหลือหลังจากปฏิกิริยาและรวมถึงปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสารที่เป็นตัวทำละลาย รวมทั้งปริมาณของแสงที่หักเหหายไปอันเนื่องจากการกระทบกับผนังเซลล์ เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้น จากสาเหตุดังกล่าวจึงต้องทำการวัดค่าดูดกลืนแสงของแบลงค์ แล้วนำไปลบออกจากค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่เกิดจากปฏิกิริยาของสารที่ต้องการวิเคราะห์กับรีเอเจนต์ต่างๆ ผลที่ได้จะเป็นค่าดูดกลืนแสงเฉพาะของสารละลายที่มีสารที่ต้องการวิเคราะห์เป็นองค์ประกอบ

การเขียนเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (standard curve)

เส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (standard curve)จะทำขึ้นสำหรับใช้ในการคำนวณค่าความเข้มข้นของสารในสารสกัดตัวอย่าง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐานและค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของแต่ละความเข้มข้นมาเขียนเป็นเส้นกราฟซึ่งจะเป็นเส้นตรง

ประโยชน์ของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. ใช้วิเคราะห์หาปริมาณของสารในสารละลายได้

2. ใช้วิเคราะห์สารและศึกษาสมบัติของสารละลายในการดูดกลืนแสง เช่น ใช้ในการทำสเปกตรัม และ ทดสอบความบริสุทธิ์ของสาร

3. ใช้ศึกษาจลศาสตร์ของเอนไซม์ ถ้าตัวทำปฏิกิริยามีสมบัติในการดูดกลืนแสงต่างจากผลของปฏิกิริยา

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก

- แปลงปลูกพืชขนาด 1x3 เมตร
- ดิน ตราสีดา
- ปุ๋ยคอก
- เมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น
- เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตร เช่น ช้อนพรวน บัวรดน้ำ เป็นต้น

2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องปั่น (blender)
- เครื่องชั่ง 2ตำแหน่ง (balance)
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)ยี่ห้อ MILTON ROY รุ่น Genesis II
- เครื่องผสมสารให้เข้ากัน (vortex mixer)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- ตู้อบ (hot air oven)
- แท่งแก้ว (stirring rod)
- กรวยแก้ว (funnel)
- บีกเกอร์ (beaker)
- ใยแก้ว (glass wool)
- หลอดทดลอง (test tube)
- ขาตั้ง (stand)
- ปิเปต (pipette)
- กระดาษกรองเบอร์ 42 (filter paper)
- อะลูมิเนียม ฟลอยด์ (aluminium foil)
- ขวดรูปชมพู่ (conical flask)
- ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)
- ขวดสีชา (amber bottle)

96938

3. สารเคมี

- Distilled water
- Hydrochloric acid
- N- 1 –naphthyl ethylene diamine dihydrochloride
- Salicylic acid
- Sodium hydroxide
- Sulfanilamide
- Sulfuric acid

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design,CRD) ปลูกผักแต่ละชนิดในเดือนกรกฎาคม

2. สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

พฤษภาคม – ตุลาคม 2548

4. วิธีการปลูกผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น

ทำการเตรียมดินโดยการย่อยดินในแปลงปลูก แต่ละแปลงเติมดินสีดา 3 ถุงและปุ๋ยคอก 1 ถุงผสมลงไปคลุกเคล้าให้เข้ากัน หว่านเมล็ดพันธุ์ และรดน้ำให้ทั่วทุกแปลง ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 15 วัน ปฏิบัติดูแลรักษาโดยรดน้ำวันละ 2 ครั้ง (เช้า – เย็น) กำจัดวัชพืชโดยการถอนทิ้ง ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อผักมีอายุ 7 วัน หลังจากปลูก หลังจากนั้นทำการใส่ปุ๋ยทุกๆ 7 วัน โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

5. การเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างเมื่อผักบุ้งอายุ 25 วัน ผักกวางตุ้งอายุ 30 วัน ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้นอายุ 45 วัน แล้วนำผักตัวอย่างมาทำการสกัดเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์

6. การเตรียมรีเอเจนต์และสารละลายมาตรฐาน

6.1 การเตรียมรีเอเจนต์

- NED reagent : ละลาย N- 1 –naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

- Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCl 100มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

- Salicylic acid : ละลาย salicylic acid 5 มิลลิกรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 100 มิลลิลิตรเก็บไว้ในขวดสีชา

- Sodium hydroxide 4M :ละลาย NaOH 160 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

หมายเหตุ ; รีเอเจนต์ทุกชนิดต้องเก็บไว้ในขวดสีชา แล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

6.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaNO_3$)

- Stock solution : ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_3$ เข้มข้น 1,000ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- Intermediate solution : ใช้ปิเปตดูด stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flaskขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- Working solution : ใช้ปิเปตดูด intermediate solution จำนวน5,3.5,4.5,5.5,6.5,7.5.2 และ 8.5มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 5,7,9,11,13,15 และ17 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร

6.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ($NaNO_2$)

- Stock solution : ละลาย $NaNO_2$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วย น้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_2$ เข้มข้น 1,000ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- Intermediate solution : ใช้ปิเปตดูด stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- Working solution : ใช้ปิเปตดูด intermediate solution จำนวน0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับ,ปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6 และ 0.7ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

7. การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรตและไนไตรต์(standard curve ของไนเตรต/ไนไตรต์)

7.1 การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต

-ใช้ปิเปตดูด working standard solution $NaNO_3$ เข้มข้น 5,7,9,11,13,15 และ 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น เติม%4 salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องvortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

-เติม4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้20 นาที

- นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงแล้วสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรตจากค่าดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรตแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm

7.2 การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์

-ใช้ปิเปตดูด working standard solution $NaNO_2$ เข้มข้น0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6 และ0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่ลงหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

-เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องvortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

-เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer

-นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงแล้วสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์จากค่าดูดกลืนแสง และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์แต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm

8. วิธีการตรวจวิเคราะห์

8.1 วิธีการสกัดแยกไนเตรตและไนไตรต์จากผักตัวอย่าง

หั่นผักตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆแล้วชั่งให้ได้10 ±0.5กรัม ใส่ในโถปั่น เติมน้ำกลั่นในโถปั่น จำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผักให้ละเอียด เทผักที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ยกออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร กรองผ่านใยแก้วแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 200 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มา กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จะได้สารละลายที่ใส นำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

8.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณ

20915

8 2.1.การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติม4 M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง และหาปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตจากสารสกัดตัวอย่างจากเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 410nm

8.2.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมsulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมN-1--naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงและหาปริมาณความเข้มข้นของไนไตรต์จากสารสกัดตัวอย่างจากเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์ โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 520 nm

9. การคำนวนปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ทั้งหมดจากการสกัดตัวอย่างผัก

นำค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ที่ได้จากเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง มาคำนวณหาปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ดังนี้

$$N = xa/mv$$

N = ปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ที่ได้จากเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง หน่วยเป็น ไมโครกรัม

m = ปริมาณผักที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสีเพื่อนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงโดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในต้นและใบพบว่า ต้นผักบุ้งมีปริมาณไนเตรต 5831.30มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใบผักบุ้งมีปริมาณไนเตรต 2511.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้นผักกวางตุ้งมีปริมาณไนเตรต 6090.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใบผักกวางตุ้งมีปริมาณไนเตรต 2245.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้นผักคะน้าใบมีปริมาณไนเตรต 5943.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัมใบผักคะน้าใบมีปริมาณไนเตรต 3723.99 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้นผักคะน้าต้น มีปริมาณไนเตรต 5842.70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใบผักคะน้าต้น มีปริมาณไนเตรต 3558.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่1 ปริมาณไนไตรต์ในต้นผักบุ้งมี 0.42 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใบผักบุ้งมี 6.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้นผักกวางตุ้งมีปริมาณไนไตรต์ 0.78 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใบผักกวางตุ้งมีปริมาณไนไตรต์ 1.09 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้นผักคะน้าใบมีปริมาณไนไตรต์ 0.42มิลลิกรัม/กิโลกรัม ใบผักคะน้าใบมีปริมาณไนไตรต์1.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้นผักคะน้าต้นมีปริมาณไนไตรต์ 0.18 มิลลิกรัม/กิโลกรัมใบผักคะน้าต้นมีปริมาณไนไตรต์ 0.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่2 ทั้งนี้ผักทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณไนเตรตในต้นสูงกว่าในใบและปริมาณไนไตรต์ในใบสูงกว่าในต้น เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณไนเตรตในต้นผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น สูงกว่าปริมาณไนเตรตในใบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปริมาณไนเตรตในต้นระหว่างผักแต่ละชนิดและในใบระหว่างผักแต่ละชนิดพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ปริมาณไนไตรต์ในใบของผักบุ้ง ผักคะน้าต้นสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ปริมาณไนไตรต์ในใบของผักกวางตุ้ง และผักคะน้าใบสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในต้นอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะปริมาณไนไตรต์ในต้นระหว่างผักแต่ละชนิดและในใบระหว่างผักแต่ละชนิดพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

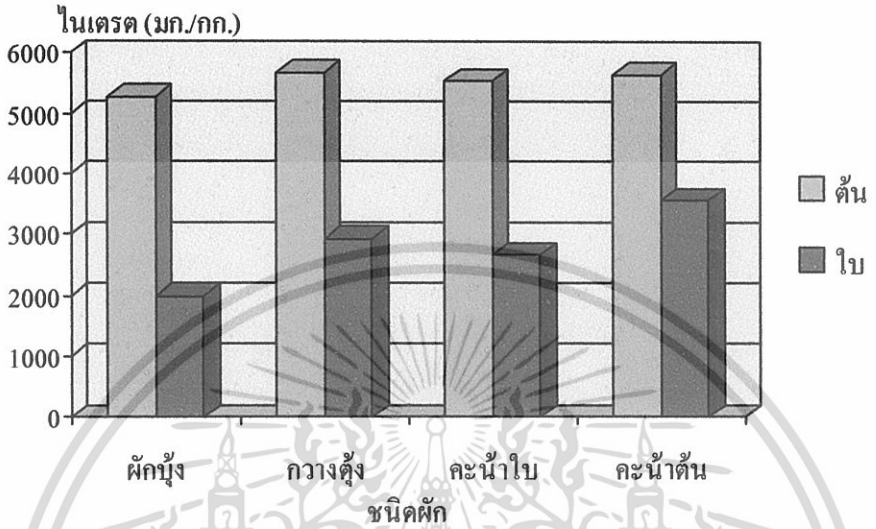
<u>ตารางที่1</u> ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและลำต้นของผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน คะน้าใบและคะน้าต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ชนิดผัก	ไนเตรต(มก./กก.)		ทดสอบความแตกต่างโดย F-test	ไนไตรต์(มก./กก.)		ทดสอบความแตกต่างโดย F-test
	ต้น	ใบ		ต้น	ใบ	
ผักบุ้ง	5831.30	2511.23	**	0.42	6.15	**
กวางตุ้ง	6090.16	2245.66	**	0.78	1.09	ns
คะน้าใบ	5943.40	3723.99	**	0.42	1.40	ns
คะน้าต้น	5842.70	3558.13	**	0.18	0.66	**
ทดสอบความแตกต่างโดย F-test	ns	ns	—	**	**	—

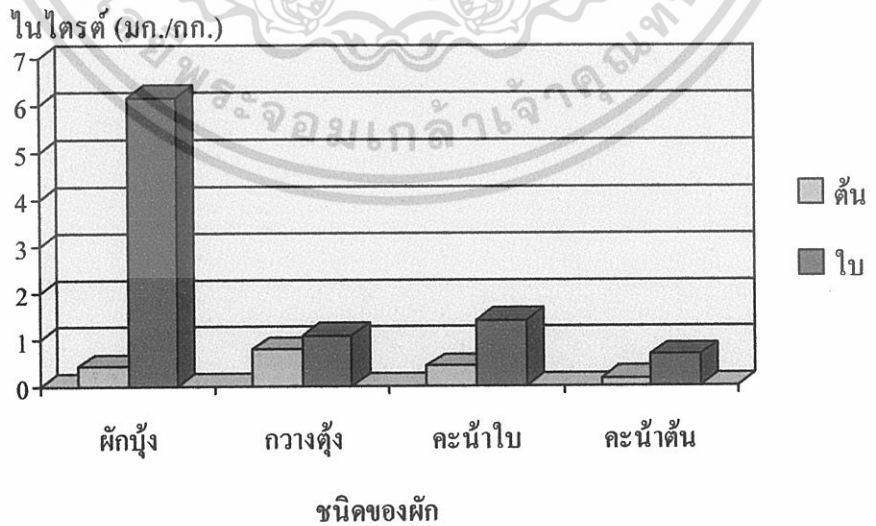
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาพที่1 ปริมาณไนเตรตในใบและลำต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้นที่ปลูกเดือนกรกฎาคม



ภาพที่ 2 ปริมาณไนไตรต์ในใบและลำต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้นที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม



วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในใบและต้นของผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบและผักคะน้าต้นพบว่าผักดังกล่าวมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าไนไตรต์มาก ทั้งนี้Walkers(1990)พบว่าผักโดยทั่วไปจะมีปริมาณไนไตรต์ 1-2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้อยมากที่จะมีในปริมาณสูงถึง 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบปริมาณไนไตรต์ระหว่าง 0.18-6.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในลำต้นสูงกว่าในใบซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Amr และ Hadidi (2001) ที่พบว่าปริมาณไนเตรตในส่วนต่างๆ ของพืชไม่เท่ากัน ซึ่งโดยปกติไนเตรตจะสะสมที่ลำต้นหรือก้านใบมากกว่าใบและราก โดยที่ส่วนดอกและผลจะมีการสะสมไนเตรตน้อยที่สุด ซึ่ง Stancheva, Mitova และPetkova(2004)รายงานว่า ในส่วนของใบพืชจะมีปริมาณเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทสสูงกว่าในส่วนของลำต้น ไนเตรตในใบจึงถูกรีดิวส์ด้วยเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทส ทำให้ปริมาณไนเตรตในใบมีน้อยกว่าในลำต้น และมีผลทำให้ปริมาณไนไตรต์ในใบสูงกว่าต้น และจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณไนไตรต์ในใบของผักทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณมากกว่าในลำต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

เมื่อนำปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในส่วนของต้นและส่วนของใบของผักแต่ละชนิดไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณไนเตรตในส่วนของต้นผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น สูงกว่าปริมาณไนเตรตในส่วนของใบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตในส่วนของใบระหว่างผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น และส่วนของต้นระหว่างผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้นพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ทั้งนี้ปริมาณไนไตรต์ในใบของผักบุ้ง ผักคะน้าต้นสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แต่ปริมาณไนไตรต์ในใบของผักกวางตุ้ง และผักคะน้าใบสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในลำต้นอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนไตรต์ในใบระหว่างผักแต่ละชนิดและในต้นระหว่างผักแต่ละชนิดพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าปลอดภัยที่ European Commission Regulation(1997)กำหนดให้ผักโขมเท่ากับ 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งประมาณว่าคนไทยบริโภคผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักคะน้าใบ และผักคะน้าต้น ในปริมาณที่มากพอๆกับชาวยุโรปที่บริโภคผักโขม การบริโภคผัก 4 ชนิดดังกล่าวซึ่งมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูง โดยเฉพาะไนเตรตสูงกว่าค่าปลอดภัย จึงมีโอกาสเป็นอันตรายจากไนเตรตได้ ทั้งนี้การทดลองนี้ปลูกผักทั้ง 4 ชนิดโดยใส่ปุ๋ยยูเรีย ทุกๆ 7 วัน ทำให้ผักดังกล่าวมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงจึงควรลดการใส่ปุ๋ยเพื่อลดความเสี่ยงจากอันตรายของไนเตรตและไนไตรต์ แต่อย่างไรก็ตามผู้ที่ชอบรับประทานผักเป็นอาหารก็ไม่ควรกังวลมากนัก เพราะผักที่รับประทานแม้จะมีปริมาณไนเตรตสูง แต่ในผักมีวิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งยับยั้งการสร้างไนโตรซามีน ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งน้อยกว่าการบริโภคอาหารพวก cure meat เช่น ไส้กรอก แฮม มีทโลฟ เป็นต้น แต่ก็ควรระวังการเป็นอันตรายโดยตรงจากอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของอิเล็กโทรไลต์ช่วย และสารละลายเคลื่อนที่ที่ใช้ในเทคนิคทางไซคลิกโวลเทมเมทรี เพื่อใช้ในการตรวจวัดยาปฏิชีวนะคีตาซาไมซิน (Kitasamycin)

3. ศึกษาการนำขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนเพื่อใช้ในการตรวจวัดยาปฏิชีวนะคีตาซาไมซิน (Kitasamycin) โดยใช้เทคนิคทางแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

1.4 คำจำกัดความ

ยาปฏิชีวนะคีตาซาไมซิน (Kitasamycin) เป็นยาปฏิชีวนะในกลุ่ม macrolide ใช้สำหรับสัตว์ปีกและสุกร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำขั้วไฟฟ้าชนิดฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมาประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าได้

2. สามารถวิเคราะห์หาปริมาณของยาปฏิชีวนะคีตาซาไมซิน โดยใช้เซลล์เคมีไฟฟ้าที่ใช้วัสดุภายในประเทศ ราคาถูก ใช้งานง่าย สะดวก และใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์สั้น

3. เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงของการนำขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และเซลล์เคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ยาในกลุ่มต่าง ๆ ต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์กับเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) การหาน้ำตาลกลูโคส ดูในภาคผนวก

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของบริษัท HACH รุ่น DR/4000

เครื่อง High Performance Liquid Chromatography ของบริษัท Shimadzu

รุ่น C-R7 Ao plas

ถังหมักขนาด 2 ลิตร

เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่น Falcon 6/300

เครื่องนึ่งความดันไอ(Autoclave) ของบริษัท Hirayama รุ่น HA-300 HIV

เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ของบริษัท SHIMAZU รุ่น LIBROR EB-40000H

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ของบริษัท Sartorius analytic รุ่น A 200S

ตู้เย็นอุณหภูมิ -83 องศาเซลเซียส ของบริษัท SANYO รุ่น MDF-U 4086S

ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ของบริษัท SANYO

เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ของบริษัท Denver Instrument รุ่น Model 215

เครื่องอบรมลมร้อน ของบริษัท Binder

ตู้บ่มปลอดเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ของบริษัท Gallenkamp

ตู้เขี่ยเชื้อ (Lamina flow) ของบริษัท ISSCO รุ่น BVT123

เครื่องเขย่าของบริษัท Gallenkamp

ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ของบริษัท PYREX^{R}

หลอดทดลอง (test tube) ของบริษัท PYREX^{R}

กระบอกตวง (cylinder) ของบริษัท PYREX^{R}

*บีกเกอร์ (beaker)*ของบริษัท PYREX^{R}

ดิวเวต (แก้ว)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาลีอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกๆ ท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหาในการทำงาน ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงงาน และในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุสาหกรรม และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณ กำลังใจอันยิ่งใหญ่ของ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ความสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาทางด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณพี่วีณา ยอดพิจิตร และเพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำและร่วมเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งในโอกาสนี้คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนสำหรับการผลิตกรดแลกติก โดยเชื้อ *Lactobacillus casei* ATCC 10863 ในอาหารสังเคราะห์ที่มีแหล่งคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่ต่างกัน 6 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแลคโตส น้ำตาลซูโครส น้ำตาลมอลโตส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลทราย พบว่าน้ำตาลกลูโคสให้ผลผลิตกรดแลกติกในปริมาณสูงที่สุดคือ สูงสุด คือ 22.247 กรัมต่อลิตร ณ ชั่วโมงที่ 72 คำนวณเป็นผลได้ (yield) และอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับ 0.698 กรัมต่อกรัมน้ำตาล และ 0.3090 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับ Bulut และคณะ (2004) ที่ศึกษาเรื่องการใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีที่สุดในการผลิตกรดแลกติกจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติภาย ใต้เงื่อนไขเดียวกัน รองลงมาคือแหล่งคาร์บอนที่ใช้น้ำตาลทรายผลิตกรดได้ 20.020 กรัมต่อลิตร ณ ชั่วโมงที่ 72 คำนวณเป็นผลได้ และอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับ 0.532 กรัมต่อกรัมน้ำตาล และ 0.278 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และเมื่อนำค่าที่ได้มาทำการเปรียบเทียบทางสถิติเพื่อดูความแตกต่าง พบว่าผลของกรดแลกติกที่ได้จากการใช้กลูโคส มีความแตกต่างกันกับการใช้น้ำตาลชนิดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ยกเว้นน้ำตาลทราย แต่เนื่องจากการทดลองพบว่า น้ำตาลกลูโคสให้ผลที่สูงที่สุดในการนำมาเป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตกรดแลกติก โดยเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ดังนั้นจึงเลือกน้ำตาลกลูโคสนำมาศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตกรดแลกติก โดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 20, 30, 40 และ 50 กรัมต่อลิตร พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร ผลิตกรดแลกติกได้ 25.322 กรัมต่อลิตร ชั่วโมงที่ 72 คำนวณเป็นผลได้ และอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับ 0.984 กรัมต่อกรัมน้ำตาล และ 0.352 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ผลิตกรดแลกติกได้สูงสุดจากทุกความเข้มข้น

ดังนั้นเมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นในขั้นต้น เราสามารถสรุปได้ว่า การใช้น้ำตาลกลูโคสที่ระดับความเข้มข้น 40 กรัมต่อลิตร มาใช้ร่วมในสูตรอาหารสังเคราะห์เพื่อทำการหมักและผลิตกรดแลกติก จะได้ปริมาณกรดแลกติกในปริมาณสูงสุด จากการศึกษาจากแหล่งคาร์บอนหรือน้ำตาลทั้ง 6 ชนิด เบื้องต้น

และเมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตกรด ระหว่างการหมักในฟลาสก์ขนาด 2 ลิตร เปรียบเทียบกับการหมักในถังหมัก (fermentor) ขนาด 2 ลิตร โดยที่นำงานทดลองของ Ohkouchi และ Inoue (2006) เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพด้านปริมาณของกรดแลกติกที่จะได้ เมื่อมีการเติม *แคลเซียมคาร์บอเนต* ($CaCO_3$) ลงไปในสูตรอาหารสังเคราะห์ร่วมกันในปริมาณ 2% จากการทดลองพบว่า เมื่อเราทำการทดลองผ่านไปโดยให้ทำการหมักในฟลาสก์ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ไม่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ได้ปริมาณกรดแลกติกสูงสุดเท่ากับ 9.162 กรัมต่อลิตร แบบที่ 2 เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ได้ปริมาณกรดแลกติกสูงสุดเท่ากับ 13.350 กรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับในถังหมักที่มีการ

เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ได้ปริมาณกรดแลกติกสูงสุดเท่ากับ 15.273 กรัมต่อลิตร จะเห็นว่าเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ที่เจริญในฟลาสก์สามารถอธิบายเรื่องการผลิตกรด แลกติกได้มากขึ้นเมื่อมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและเมื่อเปรียบเทียบกับถังหมักขนาด 2 ลิตรที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถผลิตกรดแลคติกได้สูงที่สุดนั้นก็สอดคล้องกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการเลี้ยงเชื้อในถังหมักสามารถควบคุมความเร็วรอบของใบพัดกวนในอัตราเร็วที่เหมาะสมได้ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดให้ ทำให้เชื้อสามารถสัมผัสกับอาหารได้อย่างทั่วถึงและในถังหมักสามารถควบคุมค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. casei* ATCC 10863 ได้ การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปเพื่อให้แคลเซียมคาร์บอเนตแตกตัวจะเกิดเป็นแคลเซียมแลคเตท และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นตัวสะเทิน (neutralizer) ในระหว่างการหมัก แต่เมื่อ แคลเซียมคาร์บอเนตมีความเข้มข้นมากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ กลายเป็นผลึกของแคลเซียมแลคเตทได้ยาก ทำให้การสกัดสารละลายแลคเตทได้ยากตามไปด้วย (Ohkouchi และ Inoue, 2006)

ดังนั้นในการศึกษาเรื่องแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการผลิตกรดแลกติกโดยเชื้อ *L. casei* ครั้งต่อไป พอจะใช้งานทดลองนี้เป็นแนวในการการเริ่มต้นการศึกษาเรื่องความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอน คือ ควรเริ่มต้นที่ 40-50 กรัมต่อลิตร และพบว่าเชื้อที่เจริญในถังหมัก จะมีช่วงเวลาของการผลิตสารเพื่อให้ได้ปริมาณกรดแลคติกสูงสุดมากกว่า ดังนั้นจึงเห็นว่าการผลิตกรดแลคติกในถังหมักขนาด 2 ลิตร มีประโยชน์ใช้เป็นแนวทางในการผลิตกรดแลคติกในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กัญจนา ดีวิเศษ. 2542. ผักพื้นบ้านภาคเหนือ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพมหานคร. 280 หน้า.

กฤษณา รุ่งเรืองศักดิ์. 2521. ปฏิบัติการและหลักเบื้องต้นในวิชาชีววิทยา. อมรินทร์การพิมพ์.หน้า 33-37.

คณาจารย์ภาควิชาเคมี. 2536. ตำราปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น. ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.หน้า53-61.

ณพพร ดำรงศิริ. 2530. พฤกษอนุกรมวิธาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. ฝ่ายตำราและการศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง,กรุงเทพมหานคร. 796 หน้า.

นที เนียมศรีจันทร์. 2539. ปัญหาไนเตรตกับสิ่งแวดล้อม. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 23(2):76-77.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 180 หน้า.

เมืองทอง ทวนทวี. 2532. ผักบ้านเรา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร.456 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร.หน้า 387-392.

ลักขณา อมรสิน. 2539. คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 47 หน้า.

วงจันทร์ วงแก้ว. 2535. หลักสรีระวิทยาของพืช ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพมหานคร. 157 หน้า.

วสันต์ กฤษฎารักษ์. 2544. การปลูกผัก. สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น. นนทบุรี. หน้า 60-73.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2529. จุลชีววิทยาของดินเพื่อผลิตผลทางการเกษตร,พิมพ์ครั้งที่ 2 . ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร. 335 หน้า.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร. หน้า 78-85.

สมภพ ฐิติวสันต์. 2530. หลักการผลิตผัก. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 273 หน้า.

สมภพ ฐิติวสันต์. 2526. หลักการปลูกผัก.ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 258 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2535. สรีรวิทยาของพืช, ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร.239 หน้า.

สุทธิชัย ปทุมล่องทอง. 2543. ผักปลอดสารพิษ. สำนักพิมพ์ธารบัวแก้ว. นนทบุรี. หน้า 113-175.

อรุณี คงศักดิ์ไพศาล. 2527. ตำราประกอบการสอนวิชาเคมีเกษตร. โครงการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร. หน้า 235.

อุดม โกศัยสุข. 2529. การปลูกผักกินใบ. อักษรบัณฑิต, กรุงเทพมหานคร. 32 หน้า.

Amr A., and N. Hadidi . 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO_3) and nitrite (NO_2) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse condition in Jordan. Journal of food Composition and Analysis. 14:59-67.

European Commission Regulation. 1997. Food Science and Techniques. Reports of the Scientific Committee for Food (38thseries). Office for official Publication of the European Communities, Luxemburg.

Internation Standard for Drinking Water. 1997. "Environmental Health Criteria 5. Nitrate,Nitrite and N-nitroso compounds." pp. 10/. In: WHO report. Published Under the Joint Sponsorship of the Nation Environment Program and the World Health Organization.

Stancheva, Ir., Iv. Mitova and Zd. Petkova. 2004. Effect of different nitrogen fertilizer sources on the yield,nitrate content and other physiological parameters in garden beans. Journal of Environmental and Experimental Botany. 277-282.

Walker R. 1990. Nitrates, nitrite and N-nitroso compound. A review of the accurrence in food and dide and toxincological implication 'Food addit contam", Vol 5,1990. pp717-768.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1ปริมาณไนเตรตในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	5655.00	5830.30	6008.60	17493.80	5831.30
ใบ	2642.20	2407.00	2484.50	7533.60	2511.23

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในลำต้น(1)และใบ(2) ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	16534263.8446	16534263.8446	724.79**	7.71	21.20
Error	4	91249.5289	22812.3822			
Total	5	16625513.3735	3325102.6747			

CV = 3.6209%

LSD .05 = 342.341186925585

LSD .01 = 567.773351803096

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T1 5831.3000A

T2 2511.2333B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T1 5831.3000A

T2 2511.2333B

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	6113.60	6108.20	6048.70	18270.40	6090.16
ใบ	1601.10	3853.00	1282.90	6737.00	2245.66

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	22170272.2522	22170272.2522	22.57**	7.71	21.20
Error	4	3928500.0732	982125.0183			
Total	5	26098772.3254	5219754.4651			

CV = 23.7774%

LSD .05 = 2246.24549638731

LSD .01 = 3725.40139242333

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T1 6090.1668A

T2 2245.6667B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T1 6090.1668A

T2 2245.6667B

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณไนเตรตในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	5984.20	5854.80	5991.20	17830.10	5943.40
ใบ	3395.90	3611.30	4164.80	11172.00	3723.99

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	7388605.5153	7388605.5153	90.53**	7.71	21.20
Error	4	326454.9301	81613.7325			
Total	5	7715060.4454	1543012.0891			

CV = 5.9102 %

LSD .05 = 647.523377631596

LSD .01 = 1073.91845483281

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T1 5943.4001A

T2 3723.9999B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T1 5943.4001A

T2 3723.9999B

ตารางภาคผนวกที่ 7ปริมาณไนเตรตในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	5895.90	5745.60	5886.600	17528.10	5842.70
ใบ	3407.70	3814.20	3452.50	10674.40	3558.13

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในลำต้นและใบ ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	7828867.7279	7828867.7279	275.80**	7.71	21.20
Error	4	113544.5556	28386.1389			
Total	5	7942412.2834	1588482.4567			

CV = 3.5844%

LSD .05 = 381.880070410795

LSD .01 = 633.348647035771

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T1	5842.7000A
T2	3558.1333B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T1	5842.7000A
T2	3558.1333B

ตารางภาคผนวกที่ 9ปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	0.37	0.46	0.44	1.27	0.42
ใบ	8.00	4.73.0	5.71	18.44	6.15

ตารางภาคผนวกที่ 10การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักบุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	49.1348	49.1348	34.87**	7.71	21.20
Error	4	5.6369	1.4092			
Total	5	54.7718	10.9544			

CV = 36.1373%

LSD .05 = 2.69070002334993

LSD .01 = 4.46252986581523

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	6.1467A
T1	0.4233B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	6.1467A
T1	0.4233B

<u>ตารางภาคผนวกที่ 11</u>ปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	0.83	0.62	0.90	2.35	0.78
ใบ	0.87	1.31	1.08	3.26	1.09

<u>ตารางภาคผนวกที่ 12</u>การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักกวางตุ้ง ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	0.1380	0.1380	3.96^{ns}	7.71	21.20
Error	4	0.1393	0.0348			
Total	5	0.2773	0.0555			

CV = 19.9612%

LSD .05 = 423030122088447

LSD .01 = 701596067037179

ns = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	1.0867A
T1	0.7833A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	1.0867A
T1	0.7833A

<u>ตารางภาคผนวกที่ 13</u>ปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	0.17	0.57	0.53	1.26	0.42
ใบ	1.90	1.72	0.58	4.20	1.40

<u>ตารางภาคผนวกที่ 14</u>การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าใบ ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	1.4308	1.4308	5.10^{ns}	7.71	21.20
Error	4	1.1219	0.2805			
Total	5	2.5527	0.5105			

CV = 58.0904%

LSD .05 = 1.2003681435278

LSD .01 = 1.99081229567795

ns = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	1.4000A
T1	0.4233A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	1.4000A
T1	0.4233A

<u>ตารางภาคผนวกที่ 15</u>ปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ส่วนของผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ลำต้น	0.21	0.17	0.15	0.53	0.18
ใบ	0.56	0.60	0.82	1.98	0.66

<u>ตารางภาคผนวกที่ 16</u>การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต์ในลำต้น(T1)และใบ(T2) ของผักคะน้าต้น ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	1	0.3504	0.3504	34.13**	7.71	21.20
Error	4	0.0411	0.0103			
Total	5	0.3915	0.0783			

CV = 24.2210%

LSD .05 = 229661675697341

LSD .01 = 380894220068645

** = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	0.6600A
T1	0.1767B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	0.6600A
T1	0.1767B

ตารางภาคผนวกที่17ปริมาณไนเตรตในลำต้น ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ชนิดผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ผักบุ้ง	5655.00	5830.30	6008.60	17493.80	5831.30
ผักกวางตุ้ง	6113.60	6108.20	6048.70	18270.40	6090.16
ผักคะน้าใบ	5984.20	5854.80	5991.20	17830.10	5943.40
ผักคะน้าต้น	5895.90	5745.60	5886.60	17528.10	5842.70

ตารางภาคผนวกที่ 18การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในลำต้น ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	3	129471.9306	43157.3102	3.79^{ns}	4.07	7.59
Error	8	91097.1655	11387.1457			
Total	11	220569.0962	20051.7360			

CV = 1.8004 %

LSD .05 = 200.919048170126

LSD .01 = 292.317175460006

ns = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	6090.1668A
T3	5943.4001A
T4	5842.7000A
T1	5831.3000A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	6090.1668A
T3	5943.4001A
T4	5842.7000A
T1	5831.3000A

ตารางภาคผนวกที่ 19ปริมาณไนเตรตในใบ ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ชนิดผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ผักบุ้ง	2642.2	2407.0	2484.5	7533.6	2511.23
ผักกวางตุ้ง	1601.1	3853.0	1282.9	6737.0	2245.66
ผักคะน้าใบ	3395.9	3611.3	4164.8	11172.0	3723.99
ผักคะน้าต้น	3407.7	3814.2	3452.5	10674.4	3558.13

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในใบ ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	3	4929658.2420	1643219.4140	3.01^{ns}	4.07	7.59
Error	8	4368651.9222	546081.4903			
Total	11	9298310.1642	845300.9240			

CV = 24.5526%

LSD .05 = 1391.36925164881

LSD .01 = 2024.30348624534

ns = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

t3	3723.9999	A
t4	3558.1333	A
t1	2511.2333	A
t2	2245.6667	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

t3	3723.9999	A
t4	3558.1333	A
t1	2511.2333	A
t2	2245.6667	A

ตารางภาคผนวกที่ 21ปริมาณไนไตรต์ในลำต้น ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3) และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ชนิดผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ผักบุ้ง	0.37	0.46	0.44	1.27	0.42
ผักกวางตุ้ง	0.83	0.62	0.90	2.35	0.78
ผักคะน้าใบ	0.17	0.57	0.53	1.26	0.42
ผักคะน้าต้น	0.21	0.17	0.15	0.53	0.18

ตารางภาคผนวกที่ 22การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณไนเตรตในลำต้น ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	3	0.5617	0.1872	10.27**	4.07	7.59
Error	8	0.1459	0.0182			
Total	11	0.7076	0.0643			

CV = 1.8004 %

LSD .05 = 200.919048170126

LSD .01 = 292.317175460006

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	0.7833A
T1	0.4233AB
T3	0.4233AB
T4	0.1767B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	0.7833A
T1	0.4233B
T3	0.4233B
T4	0.1767B

<u>ตารางภาคผนวกที่ 23</u>ปริมาณไนไตรต์ในใบ ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น(T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

ชนิดผัก	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ผักบุ้ง	8.00	4.73.0	5.71	18.44	6.15
ผักกวางตุ้ง	0.87	1.31	1.08	3.26	1.09
ผักคะน้าใบ	1.90	1.72	0.58	4.20	1.40
ผักคะน้าต้น	0.56	0.60	0.82	1.98	0.66

<u>ตารางภาคผนวกที่ 24</u> การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณไนเตรตในใบ ของผักบุ้ง(T1) ผักกวางตุ้ง(T2) ผักคะน้าใบ(T3)และผักคะน้าต้น (T4) ที่ปลูกในเดือนกรกฎาคม

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	3	59.2993	19.7664	23.28**	4.07	7.59
Error	8	6.7933	0.8492			
Total	11	66.0927	6.0084			

CV = 39.6629%

LSD .05 = 1.73504258749542

LSD .01 = 2.52431391198922

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

t1	6.1467A
t3	1.4000B
t2	1.0867B
t4	0.6600B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

t1	6.1467A
t3	1.4000B
t2	1.0867B
t4	0.6600B